

AMPLITUDO KONSTANTA PASANG SURUT M2, S2, K1, DAN O1 DI PERAIRAN SEKITAR KOTA BITUNG SULAWESI UTARA

*Amplitude of the Tidal Harmonic Constituents M2, S2, K1, and O1
in Waters Around the City of Bitung in North Sulawesi*

Royke M Rampengan¹

ABSTRACT

This study was conducted to describe the amplitude of the tidal harmonic constituents M2, S2, K1, and O1 in waters around the city of Bitung in North Sulawesi. Calculations performed using the admiralty method. Based on calculations, it was found that the average amplitude of M2 is 34.8, S2 is 22.5, K1 is 20.3, and O1 is 11.7. The tidal behaviour in the study area is mixed tide predominant semidiurnal, with average Formzahl number of about 0.6.

Keywords : *amplitude, tidal, Bitung*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menggambarkan amplitudo pasut harmonik M2, S2, K1, dan O1 di perairan sekitar kota Bitung di Sulawesi Utara. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode admiralty. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa rata-rata amplitudo M2 adalah 34,8, S2 adalah 22,5, K1 adalah 20,3, dan O1 adalah 11,7. Perilaku pasang surut di daerah penelitian adalah air campuran dominan semidiurnal, dengan rata-rata jumlah Formzahl sekitar 0,6.

Kata kunci : amplitudo, pasut, Bitung

¹Staf pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi

PENDAHULUAN

Perairan pantai mempunyai peran yang khusus, mulai dari segi ekonomi sampai masalah lingkungan seperti pelabuhan, navigasi, tempat rekreasi, perikanan laut, serta eksploitasi dan eksplorasi mineral dan gas bumi (Mihardja dan Hadi, 1989). Berbagai masalah tersebut muncul sebagai konsekuensi dari adanya tawaran potensi pemanfaatan yang beragam dari ruang pantai. Demikian juga dengan kawasan perairan pantai di sekitar Kota Bitung, pemanfaatannya dapat dikategorikan sebagai paling intensif dari seluruh kawasan perairan Sulawesi

Utara. Hal tersebut dapat dipahami karena kota ini meletakkan sumber utama pendapatannya pada pemanfaatan laut beserta sumberdayanya. Oleh karena itu, sudah semenjak lama Kota Bitung dikenal juga dengan istilah kota cakalang, di samping kota pelabuhan.

Dahuri *dkk.*, (2001) menyatakan diperlukan pemahaman yang memadai tentang daerah pantai dalam rangka pemanfaatannya, menyangkut keberadaan ruang daratan pesisir serta ruang pantai dan lautnya. Pemahaman tersebut, akan terbangun melalui kajian-kajian yang dilakukan pada berbagai aspek di daerah pantai.

Kajian dalam aspek oseanografi fisik merupakan salah satu informasi pendukung dalam membangkitkan pemahaman menyangkut perairan pantai. Keberadaan dan kondisi berbagai faktor oseanografi fisik ini, bahkan seringkali menjadi faktor pembatas dalam hubungannya dengan pemanfaatan ruang dan sumberdaya di pantai.

Pasang surut merupakan salah satu faktor oseanografi fisik yang memiliki peran sangat penting dan menentukan dalam pemanfaatan ruang di pantai. Kondisi pasang surut berperan pada pemanfaatan ruang pantai, baik pemanfaatan yang dilakukan pada ruang daratan pesisir, maupun pemanfaatan perairan pantai. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa hampir tidak ada pemanfaatan pada ruang pantai yang tidak membutuhkan informasi mengenai pasang surut.

Pasang Surut didefinisikan sebagai proses naik turunnya permukaan air secara periodik selama interval waktu tertentu (Nybakken, 1992, Nontji, 1993, dan Dahuri *dkk.*, 2001). Proses naik turunnya permukaan air laut diakibatkan utamanya oleh gaya gravitasi benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Oleh karena besar massa matahari, bumi, dan bulan diketahui, serta jarak antara bumi ke bulan dan bumi ke matahari juga diketahui, maka besarnya gaya pembangkit pasang surut oleh matahari dan bulan dapat dihitung. Perhitungannya dilakukan dengan menguraikan tenaga pembangkit pasang surut ke dalam sejumlah konstanta harmonik pasang surut.

Saat sekarang tercatat banyak konstanta harmonik yang dihitung dalam hubungannya dengan perhitungan pasang surut. Walaupun demikian, konstanta harmonik M2, S2, K1, dan O1 merupakan komponen utama pembangkit pasang surut perairan. Pinet (1992) menyatakan, konstanta pasang surut M2 memiliki amplitudo terbesar dibanding komponen pasang surut lainnya. Sedangkan konstanta harmonik S2, K1, dan O1 merupakan komponen-komponen pasang surut penting

dalam hubungannya dengan penentuan datum peta. Fluktuasi amplitudo dari keempat komponen harmonik pasang surut ini, sangat menentukan kondisi pasang surut di suatu perairan. Konstanta harmonik M2, S2, K1, dan O1, secara bersama dibutuhkan dalam perhitungan bilangan Formzahl. Penentuan bilangan Formzahl adalah cara yang digunakan untuk menentukan tipe pasang surut perairan.

Menurut Pinet (1992), M2 merupakan komponen pasang surut utama dari bulan, sedangkan S2 merupakan komponen pasang surut utama dari matahari. Perbandingan dari keduanya memperlihatkan kekuatan pasang surut yang dibangkitkan oleh matahari dan bulan di suatu kawasan perairan. Sebenarnya, pasang surut air laut dibangkitkan secara serentak oleh tenaga gravitasi matahari dan bulan. Namun demikian, beragamnya kontur dasar perairan dan konfigurasi garis pantai mengakibatkan terjadinya perbedaan amplitudo komponen pasang surut suatu kawasan perairan dan perairan lainnya. Lebih lanjut dijelaskan, K1 disebut sebagai konstanta soli-lunar yang merupakan hasil dari perubahan deklinasi bulan dan matahari, sedangkan O1 adalah konstanta diurnal dari bulan.

Bertolak dari uraian sebelumnya, maka tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mendeskripsikan amplitudo konstanta harmonik pasang surut M2, S2, K1, dan O1 di perairan sekitar Kota Bitung. Deskripsi yang dimaksud menyangkut penentuan nilai amplitudo beserta bilangan Formzahl dan menganalisis fluktuasinya berdasarkan perhitungan yang dilakukan terhadap seri data pengukuran selama setahun.

METODE

Amplitudo konstanta harmonik pasang surut M2, S2, K1, dan O1 dihitung berdasarkan data pengukuran pasang surut yang dilakukan oleh BMG bekerjasama dengan Bakosurtanal. Peralatan pengukur dipasang pada lokasi dekat dengan pelabuhan Bitung

pada posisi geografis $1^{\circ}26'22,8''$ U dan $125^{\circ}10'34,6''$ T. Data yang digunakan adalah seri pengukuran dari September 2008 sampai dengan Agustus 2009. Data tersebut adalah seri data pengukuran terbaik yang dapat dihitung konstanta harmoniknya.

Data hasil pengukuran setiap bulannya diolah dengan mengaplikasikan perhitungan menurut metode Admiralty mengacu pada Soeroso (1989) dan Djaja (1989). Pengolahan dilakukan dengan mengaplikasikan bentuk pengolahan 29 piasan karena dimungkinkan oleh ketersediaan data hasil pengukurannya yang cukup baik dimana hampir tidak terdapat kesenjangan terhadap data hasil pengukuran.

Pada metode Admiralty, sesuai dengan uraian Soeroso (1989) dan Djaja (1989), konstanta harmonik pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 diperoleh melalui tahapan perhitungan mulai dari Skema 1 sampai dengan Skema 8. Dalam perhitungan ini, diperlukan hitungan bilangan astronomis, yaitu variabel s , h , p , dan N yang menurut Schureman (1988) sebagai berikut :

$$s = 277,0248 + 48126,8950 T + 0,0011 T^2$$

$$h = 280,1895 + 36000,7689 T + 0,0003 T^2$$

$$p = 334,3853 + 4069,0340 T - 0,0103 T^2$$

$$N = 100,8432 + 1934,4200 T - 0,0021 T^2$$

Variabel s , h , p , N merupakan unsur-unsur orbit bulan dan matahari yang merupakan fungsi dari :

$$T = (365 (Y-1900) + (D-1) + i) / 36525$$

D = hari tengah pengamatan terhadap tanggal 1 Januari

i = banyaknya tahun kabisat dihitung dari tahun 1900

Setelah memperoleh nilai M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 , selanjutnya dihitung bilangan Formzahl untuk setiap bulan dengan mengikuti formula yang diterapkan oleh (Pariwono, 1989a), sebagai berikut.

$$F = (K_1 + O_1) / (M_2 + S_2)$$

Dimana :

F = Bilangan Formzahl

K_1 , O_1 = konstanta pasang surut harian tunggal utama

M_2 , S_2 = konstanta pasang surut harian ganda utama

Besarnya nilai F , selanjutnya diklasifikasikan menurut :

- Pasang ganda, jika $F \leq \frac{1}{4}$,
- Pasang campuran (dominan harian ganda), jika $\frac{1}{4} < F \leq 1\frac{1}{2}$
- Pasang campuran (dominan harian tunggal), jika $1\frac{1}{2} < F \leq 3$
- Pasang tunggal, jika $F > 3$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, besarnya amplitudo pasang surut yang terjadi di suatu kawasan perairan merupakan respon dari tenaga pembangkitnya. Walaupun demikian, pasang surut di perairan bergerak dalam bentuk penjalaran gelombang melintasi samudera di dunia. Akibatnya, topografi dasar perairan dan konfigurasi garis pantai memberikan pengaruh yang besar terhadap besarnya amplitudo tiap komponen pasang surut. Demikian juga dengan amplitudo komponen pasang surut di lokasi penelitian. Fluktuasinya tidak memberikan gambaran bersesuaian dengan tenaga pembangkitnya.

Amplitudo konstanta harmonik pasang surut M_2 diperoleh rata-rata sebesar 34,8cm. Fluktuasi nilai konstanta harmonik pasang surut M_2 ini adalah sebesar 3,6cm dengan amplitudo terkecil sebesar 33 cm dan terbesar 36,6cm. Perhitungan besarnya simpangan dari nilai rata-rata adalah sebesar 0,7cm. Amplitudo terkecil diperoleh pada perhitungan data bulan Februari 2009, sedangkan yang terbesar diperoleh pada bulan Mei 2009.

Demikian juga dengan konstanta harmonik pasang surut S_2 , nilai rata-rata besaran amplitudo konstanta ini

22,5cm dengan rata-rata penyimpangan sebesar 1,4cm. Besaran amplitudo konstanta S2 yang dihitung bervariasi dari 18,2cm sampai dengan 25,5cm. Amplitudo terkecil diperoleh pada bulan Mei 2009 dan terbesar diperoleh pada bulan Februari 2009.

Konstanta harmonik pasang surut K1 merupakan komponen yang memiliki fluktuasi nilai paling besar. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh amplitudo konstanta ini berfluktuasi sebesar 10cm. Amplitudo rata-rata konstanta harmonik K1 sebesar 20,3cm dengan rata-rata simpangan sebesar 1,9cm. Amplitudo terkecil dihasilkan oleh perhitungan pada data pengukuran bulan Maret 2009 yaitu sebesar 14,6cm, dan yang terbesar diperoleh pada bulan September 2008 sebesar 24,6cm.

Amplitudo konstanta harmonik pasang surut O1 diperoleh rata-rata sebesar 11,7cm dengan besarnya simpangan nilai rata-rata sebesar 1,9cm. Fluktuasi nilai amplitudo ini adalah sebesar 7,8cm, amplitudo terkecil diperoleh pada bulan Mei 2009 sebesar 7,7cm dan terbesar pada bulan Agustus 2009 sebesar 15,5 cm. Fluktuasi dan perbandingan dari besarnya nilai amplitudo masing-masing konstanta harmonik pasang surut ditampilkan pada Gambar 1.

Berdasarkan grafik hasil perhitungan amplitudo konstanta harmonik pasang surut jelas tampak bahwa konstanta harmonik M2 memiliki nilai amplitudo terbesar. Hal ini sesuai dengan teoritis yang disampaikan oleh Pinet (1992), konstanta harmonik M2 sebagai komponen pasang surut bulan utama, umumnya memiliki amplitudo yang lebih besar dari amplitudo komponen harmonik lainnya. Namun demikian, apabila disesuaikan dengan perbandingan relatif kekuatan pasang surut sesuai tenaga pembangkitnya, amplitudo keempat komponen pasang surut di lokasi penelitian ini menampakkan ciri tersendiri.

Secara teoritis Pond dan Pickard dalam Pariwono (1989b) menyatakan perbandingan relatif antar keempat

komponen tersebut. Apabila diandaikan konstanta M2 memiliki tenaga pembangkit secara relatif sebesar 100, maka berturut-turut S2, K1, dan O1 memiliki perbandingan relatif sebesar 46, 58, dan 42. Dengan demikian, seharusnya konstanta K1 memiliki amplitudo yang lebih besar dari konstanta S2. Tetapi dari hasil perhitungan, konstanta K1 lebih besar amplitudonya dari konstanta S2 hanya pada hasil perhitungan bulan September 2008 dan bulan April 2009. Hal ini dapat menjadi ciri penting untuk gambaran perbandingan amplitudo komponen pasang surut kawasan perairan ini.

Pada perhitungan perbandingan relatif dari amplitudo konstanta harmonik pasang surut S2, K1, dan O1 dengan amplitudo konstanta M2 diperoleh nilai berturut-turut 64,9; 58,3; dan 33,6. Dengan demikian, hanya konstanta harmonik K1 yang mendekati perbandingan relatif teoritis. Konstanta harmonik S2 lebih besar dari perbandingan teoritisnya dan O1 lebih kecil dari perbandingan teoritisnya. Kondisi ini membentuk tipikal pasang surut tertentu pada kawasan perairan ini.

Hasil perhitungan rata-rata besarnya amplitudo konstanta harmonik pasang surut M2, S2, K1, dan O1 pada kawasan penelitian ini apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan yang dilakukan pada kawasan perairan sekitar Teluk Totok (Rampengan, 2011), terdapat sedikit perbedaan. Komponen harmonik semidiurnal (Konstanta M2 dan S2) memiliki amplitudo yang sedikit lebih besar pada kawasan perairan ini dibandingkan dengan amplitudo komponen yang sama pada Teluk Totok. Sebaliknya, komponen diurnalnya (konstanta K1 dan O1) memiliki amplitudo yang lebih kecil dibandingkan dengan amplitudo komponen yang sama untuk Teluk Totok.

Berdasarkan nilai amplitudo dari keempat komponen harmonik pasang surut, selanjutnya dihitung bilangan Formzahl. Besarnya bilangan Formzahl bervariasi dari 0,43 sampai dengan 0,65, dengan nilai rata-rata sebesar 0,6. Hal ini

menandakan tipe pasang surut pada daerah penelitian adalah pasang surut campuran dominan pada harian ganda. Sekalipun bilangan Formzahl yang terhitung berfluktuasi setiap bulannya, tetapi fluktuasi nilai tersebut tetap berada pada kalifikasi campuran condong ke harian ganda. Nilai bilangan Formzahl terendah diperoleh pada bulan Maret 2009, sedangkan yang tertinggi pada Agustus 2009.

Fluktuasi terhadap besarnya nilai Formzahl lebih banyak diakibatkan oleh fluktuasi terhadap amplitudo konstanta harmonik M2 dan S2. Apabila diperhatikan hasil perhitungan Amplitudo pada konstanta M2 dan S2, maka terlihat adanya perimbangan pada kedua konstanta semidiurnal tersebut. Amplitudo pasang surut konstanta M2 yang terbesar terjadi pada bulan Mei 2009, disaat yang sama amplitudo konstanta S2 berada pada nilai terkecil. Sebaliknya, disaat amplitudo konstanta M2 terkecil yang terjadi pada Februari 2009, pada saat itu amplitudo konstanta S2 berada pada nilai yang terbesar. Dengan demikian tampak terdapat kompensasi pada dua komponen harmonik semidiurnal ini yang mengakibatkan nilai bilangan Formzahl tetap tidak mengalami fluktuasi yang lebih besar.

Pada perairan dengan sifat pasang surut campuran yang condong ke harian ganda, berlangsung pasang surut setiap hari cenderung dengan dua kali pasang dan dua kali surut. Walaupun demikian, setidaknya akan terdapat beberapa hari pada satu siklus umur bulan yang pasang surut hariannya tidak akan sempurna dua kali pasang dan dua kali surut. Pada hari-hari tertentu, pasang surut yang terjadi hanya dengan sekali pasang dan dua kali surut, atau sebaliknya dua kali pasang dan sekali surut, atau bahkan sekali pasang dan sekali surut. Hal tersebut terutama terjadi pada periode umur bulan perbani. Untuk menggambarkan hal tersebut, divisualisasikan hasil pengukuran pasang surut pada satu siklus umur bulan (Gambar 2).

Pada gambar plot data hasil pengukuran dapat jelas dilihat, sedikitnya ada 3 hari di mana alunan pasang surut air tidak mengalami 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari (kurva tebal). Inilah yang menjadi ciri khas pada tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda. Dengan demikian, untuk dapat menentukan tipe pasang surut di suatu kawasan perairan, haruslah dengan menghitung bilangan Formzahl, atau setidaknya menggambarkan kurva data hasil pengukuran perubahan elevasi pasang surut minimal untuk data $\frac{1}{2}$ bulan periode umur bulan (15 hari pengukuran).

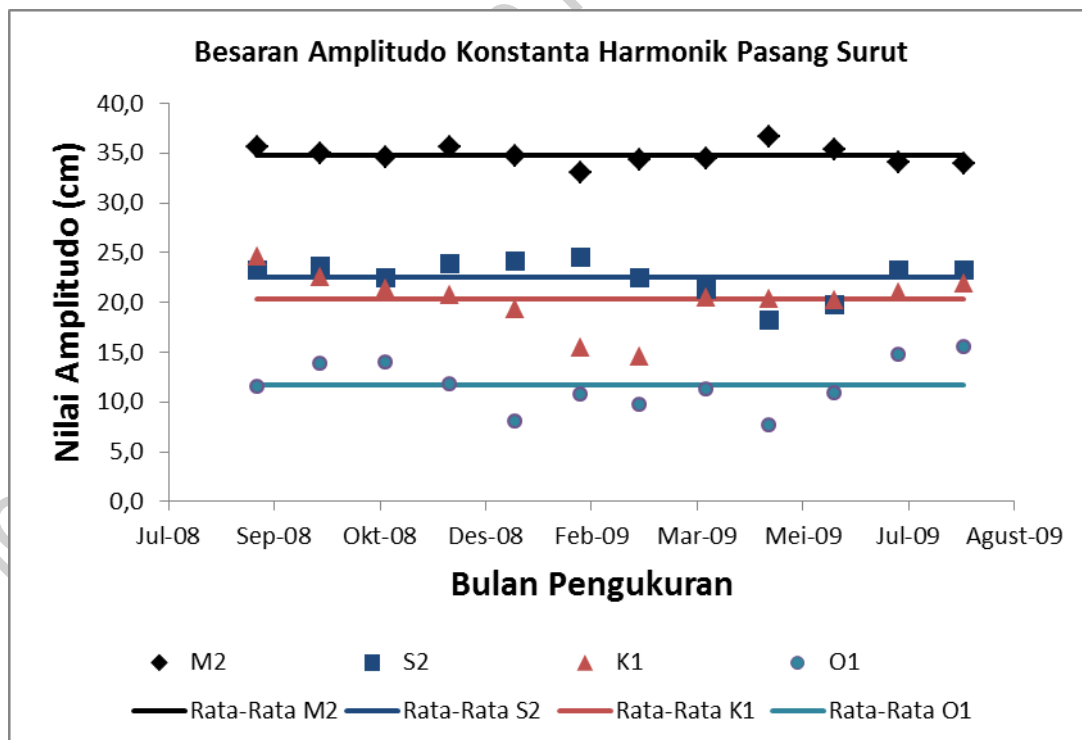
KESIMPULAN

Amplitudo konstanta harmonik pasang surut M2 diperoleh rata-rata sebesar 34,8cm yang berfluktuasi dari 33cm sampai 36,6cm. Konstanta harmonik pasang surut S2, memiliki amplitudo rata-rata sebesar 22,5cm dengan kisaran 18,2cm sampai 25,5cm. Konstanta harmonik pasang surut K1 memiliki amplitudo rata-rata sebesar 20,3cm dengan kisaran 14,6cm sampai 24,6cm. Konstanta harmonik pasang surut O1 memiliki amplitudo rata-rata sebesar 11,7 yang berkisar dari 7,7cm sampai 15,5cm. Tipe pasang surut pada daerah penelitian adalah campuran condong ke harian ganda, dengan rata-rata bilangan Formzahl yang diperoleh adalah sebesar 0,6.

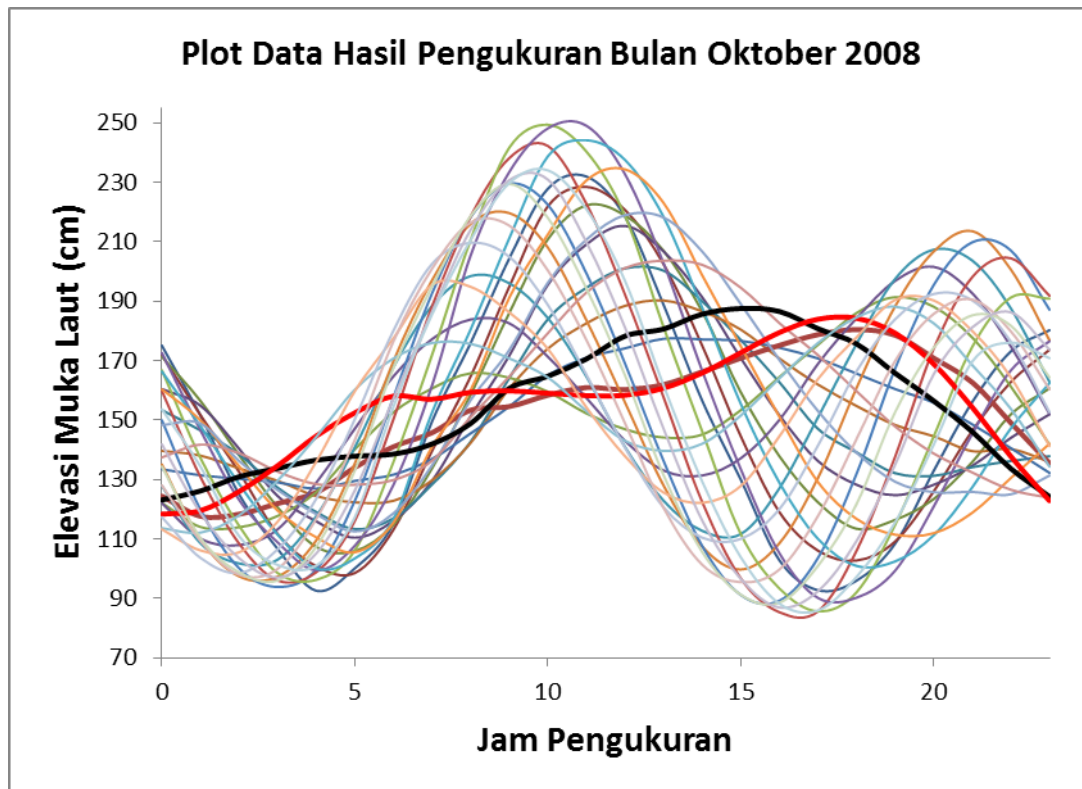
DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, H.R., J. Rais, M.J. Sitepu, dan S.P. Ginting, 2001. Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Djaja, R., 1989. Cara Perhitungan Pasang Surut Laut Dengan Metode Admiralty. Dalam. Pasang Surut. Penyunting : O.S.R. Ongkosongo dan Suyarso. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat

- Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Nontji, A., 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Nybakken, J.W., 1992. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. PT Gramedia. Jakarta.
- Pariwono, J.I., 1989a. Kondisi Pasang Surut di Indonesia. Dalam. Pasang Surut. Penyunting : O.S.R. Ongkosongo dan Suyarso. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Pariwono, J.I., 1989b. Gaya Penggerak Pasang Surut. Dalam. Pasang Surut. Penyunting : O.S.R. Ongkosongo dan Suyarso. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Pinet, P.R., 1992. Oceanography, An Introduction to The Planet Oceanus. West Publishing Comp. United States of America.
- Rampengan, R.M., 2011. Konstanta Harmonik Pasang Surut Perairan Teluk Totok, Sulawesi Utara. Pacific Journal, Dewan Riset Daerah Provinsi Sulawesi Utara. Vol. 2 No. 6.
- Schureman, P., 1988. Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides. U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey. Washington, United States.
- Soeroso, 1989. Cara memperoleh Konstanta Pasang Surut. Dalam. Pasang Surut. Penyunting : O.S.R. Ongkosongo dan Suyarso. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.



Gambar 1. Perhitungan Amplitudo Konstanta Harmonik Pasang Surut



Gambar 2. Pengukuran Pasang Surut Pada Satu Siklus Umur Bulan